

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF THE RECORDING OF A CHANGE

(PCT Rule 92bis.1 and
Administrative Instructions, Section 422)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

DAIMLER CHRYSLER AG
Intellectual Property Management
Sedanstr. 10, Geb. 17
D-89077 Ulm
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 19 March 2002 (19.03.02)	IMPORTANT NOTIFICATION
Applicant's or agent's file reference 29357/WO/1	
International application No. PCT/EP00/09477	International filing date (day/month/year) 28 September 2000 (28.09.00)

1. The following indications appeared on record concerning: <input type="checkbox"/> the applicant <input type="checkbox"/> the inventor <input type="checkbox"/> the agent <input type="checkbox"/> the common representative		
Name and Address	State of Nationality	State of Residence
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	
2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning: <input type="checkbox"/> the person <input type="checkbox"/> the name <input type="checkbox"/> the address <input type="checkbox"/> the nationality <input type="checkbox"/> the residence		
Name and Address	State of Nationality	State of Residence
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	
3. Further observations, if necessary: See change of correspondence address as indicated above.		
4. A copy of this notification has been sent to: <input checked="" type="checkbox"/> the receiving Office <input type="checkbox"/> the designated Offices concerned <input type="checkbox"/> the International Searching Authority <input checked="" type="checkbox"/> the elected Offices concerned <input type="checkbox"/> the International Preliminary Examining Authority <input type="checkbox"/> other:		

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer Elisabeth KÖNIG Telephone No.: (41-22) 338.83.38
--	---



PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF THE RECORDING OF A CHANGE

(PCT Rule 92bis.1 and
Administrative Instructions, Section 422)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

WEISS, Klaus
DaimlerChrysler AG
Intellectual Property Management
FTP - C 106
70546 Stuttgart
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 06 December 2001 (06.12.01)	IMPORTANT NOTIFICATION
Applicant's or agent's file reference 29357/WO/1	
International application No. PCT/EP00/09477	International filing date (day/month/year) 28 September 2000 (28.09.00)

1. The following indications appeared on record concerning: <input checked="" type="checkbox"/> the applicant <input type="checkbox"/> the inventor <input type="checkbox"/> the agent <input type="checkbox"/> the common representative		
Name and Address FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. Leonrodstrasse 54 80636 München Germany	State of Nationality DE	State of Residence DE
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	
2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning: <input checked="" type="checkbox"/> the person <input type="checkbox"/> the name <input type="checkbox"/> the address <input type="checkbox"/> the nationality <input type="checkbox"/> the residence		
Name and Address DAIMLERCHRYSLER AG Epplestrasse 225 70567 Stuttgart Germany	State of Nationality DE	State of Residence DE
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	
3. Further observations, if necessary: Assignment. The person indicated in Box No. 1 has been deleted from the records.		
4. A copy of this notification has been sent to: <input checked="" type="checkbox"/> the receiving Office <input type="checkbox"/> the designated Offices concerned <input type="checkbox"/> the International Searching Authority <input checked="" type="checkbox"/> the elected Offices concerned <input type="checkbox"/> the International Preliminary Examining Authority <input type="checkbox"/> other:		

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer Elisabeth KÖNIG Telephone No.: (41-22) 338.83.38
--	--

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner
 US Department of Commerce
 United States Patent and Trademark
 Office, PCT
 2011 South Clark Place Room
 CP2/5C24
 Arlington, VA 22202
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE
 in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 26 June 2001 (26.06.01)	
International application No. PCT/EP00/09477	Applicant's or agent's file reference 29357/WO/1
International filing date (day/month/year) 28 September 2000 (28.09.00)	Priority date (day/month/year) 02 October 1999 (02.10.99)
Applicant DOCTER, Andreas et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

12 April 2001 (12.04.01)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:
2. The election ☒ was
☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer Olivia TEFY Telephone No.: (41-22) 338.83.38
--	---

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 29357/WO/1	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT IPEA/416)	
International application No. PCT/EP00/09477	International filing date (day/month/year) 28 September 2000 (28.09.00)	Priority date (day/month/year) 02 October 1999 (02.10.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC B01J 12/00		
Applicant DAIMLERCHRYSLER AG		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>4</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>1</u> sheets.</p>	
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>	

Date of submission of the demand 12 April 2001 (12.04.01)	Date of completion of this report 26 September 2001 (26.09.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.



INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP00/09477

I. Basis of the report

1. With regard to the **elements** of the international application: *

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:
pages _____ 1-9 _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the claims:
pages _____ 2-9 _____, as originally filed
pages _____, as amended (together with any statement under Article 19
pages _____, filed with the demand
pages _____ 1 _____, filed with the letter of _____ 11 September 2001 (11.09.2001)
- ☒ the drawings:
pages _____ 1-6 _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.



INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/EP 00/09477

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-9	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-9	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-9	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

1). Reference is made to the following documents:

D1: US-A-2 664 402

D2: DE-A-197 11 044.

2). The autothermal reforming reactor as per Claim 1 of the application differs from that of D1 in a gas-permeable heat shield - see D1: figure, Claim 1.

D2 discloses a gas-permeable heat shield - see D2: Figure 1; column 9 lines 63 - column 10, line 14. An autothermal reforming reactor with a quench zone is not disclosed in D2.

Claims 1 to 9 therefore meet the requirements of PCT Article 33(2) (novelty).

The gas-permeable heat shield increases the temperature stability of the reactor and gives the reactor greater load alternation. A combination of D1 and D2 is not obvious because D2 does not disclose an autothermal reforming reactor.

The current Claims 1 to 9 therefore meet the



INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP 00/09477

requirements of PCT Article 33(3) (inventive step).



VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

REC'D 28 SEP 2001

WIPO PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 29357/WO/1	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/09477	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 28/09/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 02/10/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK B01J12/00		
Anmelder DAIMLERCHRYSLER AG et al.		



- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 4 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.

☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

 Diese Anlagen umfassen insgesamt 1 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 12/04/2001	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 26.09.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Van Iddekinge, R Tel. Nr. +49 89 2399 8346 



I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

1-9 ursprüngliche Fassung

Patentansprüche, Nr.:

2-9 ursprüngliche Fassung

1 eingegangen am 14/09/2001 mit Schreiben vom 11/09/2001

Zeichnungen, Blätter:

1-6 ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.



INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/09477

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
- ☐ Ansprüche, Nr.:
- ☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-9
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-9
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-9
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt



Zu Punkt V

**Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der
erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und
Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

- 1). Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1=US-A-2664402

D2=DE-A-19711044

- 2). Der autotherme Reformierungsreaktor gemäß Anspruch 1 der Anmeldung unterscheidet sich von der aus D1 durch einen gasdurchlässigen Hitzeschild, siehe D1: Figur; Anspruch 1.

D2 offenbart einen gasdurchlässigen Hitzeschild, siehe D2: Figur 1; Spalte 9, Zeile 63- Spalte 10, Zeile 14. Ein autothermer Reformierungsreaktor mit einer Quechzone wird in D2 nicht offenbart.

Deshalb erfüllen die Ansprüche 1 bis 9 die Erfordernisse des Artikels 33(2) PCT (Neuheit).

Der gasdurchlässigen Hitzeschild erhöht die Temperaturstabilität des Reaktors und ermöglicht einen größeren Lastwechsel des Reaktors. Eine Kombination von D1 und D2 wäre nicht naheliegend, weil D2 keinen autothermen Reformierungsreaktor offenbart.

Die geltenden Patentansprüche 1 bis 9 erfüllen daher die Erfordernisse des Artikels 33(3) PCT (erfinderischer Tätigkeit).



DaimlerChrysler AG
Stuttgart

Kocher
11.09.2001

und

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung
der angewandten Forschung e.V.
München

Patentansprüche

1. Autothermer Reformierungsreaktor, umfassend

- eine endotherme Reaktionszone, in der ein Katalysator zur endothermen Reformierung eines Rohkraftstoffes vorgesehen ist;
- eine exotherme Reaktionszone, in der für die endotherme Reformierungsreaktion benötigte Energie durch eine exotherme Reaktion freigesetzt wird;
- eine den beiden Reaktionszonen in Bezug auf die Strömungsrichtung nachgeschaltete Quenchzone, in der der Reaktorgasvolumenstrom durch Zugabe einer Flüssigkeit gekühlt wird;

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß endotherme Reaktionszone und Quenchzone durch einen gasdurchlässigen Hitzeschild (HS) getrennt sind, wobei der Hitzeschild (HS)

- eine Thermalisolation (IS) zur thermischen Isolation von endothermer Reaktionszone und Quenchzone, sowie
- einen der endothermen Reaktionszone zugewandten Temperaturstrahler (STR) zur Abstrahlung der aus dem Reaktorgasvolumenstrom aufgenommenen thermischen Energie als Temperaturstrahlung in die endotherme Reaktionszone zurück, umfaßt.



.

.

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 29357/WO/1	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP 00/09477	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 28/09/2000	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 02/10/1999
Anmelder DAIMLERCHRYSLER AG et al.		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 2 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der **Bezeichnung der Erfindung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der **Zusammenfassung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen Abb. Nr. 4

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ keine der Abb.

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.



INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/09477

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4822521 A	18-04-1989	US 4650651 A	17-03-1987
		CA 1285899 A	09-07-1991
		GB 2199841 A,B	20-07-1988
		IN 167731 A	15-12-1990
US 4203906 A	20-05-1980	JP 54019479 A	14-02-1979
		JP 54019480 A	14-02-1979
		JP 1440699 C	30-05-1988
		JP 54021966 A	19-02-1979
		JP 60029290 B	10-07-1985
		AU 529228 B	02-06-1983
		AU 3784778 A	10-01-1980
		FR 2397381 A	09-02-1979
		GB 2001257 A,B	31-01-1979
		US 4256783 A	17-03-1981
EP 0967005 A	29-12-1999	DE 19827879 C	13-04-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In: ationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/09477

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B01J12/00 H01M8/06 C01B3/38

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B01J H01M C01B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 822 521 A (FUDERER ANDRIJA) 18. April 1989 (1989-04-18) Ansprüche 1-20 ---	1-9
A	US 4 203 906 A (SATO TAKAHISA ET AL) 20. Mai 1980 (1980-05-20) Ansprüche 1-13 ---	1-9
P, A	EP 0 967 005 A (DBB FUEL CELL ENGINES GMBH) 29. Dezember 1999 (1999-12-29) Ansprüche 1-5 -----	1-9

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. Februar 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

08/02/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Battistig, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/09477

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4822521	A	18-04-1989	US 4650651 A	17-03-1987
			CA 1285899 A	09-07-1991
			GB 2199841 A,B	20-07-1988
			IN 167731 A	15-12-1990

US 4203906	A	20-05-1980	JP 54019479 A	14-02-1979
			JP 54019480 A	14-02-1979
			JP 1440699 C	30-05-1988
			JP 54021966 A	19-02-1979
			JP 60029290 B	10-07-1985
			AU 529228 B	02-06-1983
			AU 3784778 A	10-01-1980
			FR 2397381 A	09-02-1979
			GB 2001257 A,B	31-01-1979
			US 4256783 A	17-03-1981

EP 0967005	A	29-12-1999	DE 19827879 C	13-04-2000

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In national Application No

PCT/EP 00/09477

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B01J12/00 H01M8/06 C01B3/38

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B01J H01M C01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 822 521 A (FUDERER ANDRIJA) 18 April 1989 (1989-04-18) claims 1-20 ---	1-9
A	US 4 203 906 A (SATO TAKAHISA ET AL) 20 May 1980 (1980-05-20) claims 1-13 ---	1-9
P,A	EP 0 967 005 A (DBB FUEL CELL ENGINES GMBH) 29 December 1999 (1999-12-29) claims 1-5 -----	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 February 2001

Date of mailing of the international search report

08/02/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Battistig, M

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. April 2001 (12.04.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/24922 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B01J 12/00**,
H01M 8/06, C01B 3/38

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP00/09477**

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. September 2000 (28.09.2000)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
199 47 755.8 2. Oktober 1999 (02.10.1999) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **DAIMLERCHRYSLER AG** [DE/DE];
Epplestrasse 225, 70567 Stuttgart (DE). **FRAUN-
HOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER
ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Leon-
rodstrasse 54, 80636 München (DE).

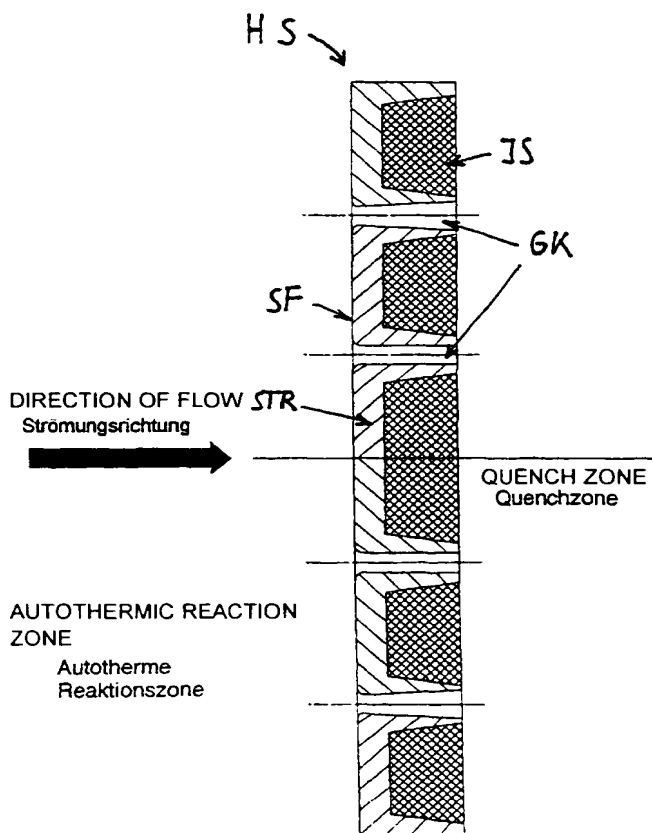
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **DOCTER, An-
dreas** [DE/DE]; Königstrasse 34, 89077 Ulm (DE).
RÖLTGEN, Uli [DE/DE]; Im Nussbaumboden 11,
79379 Müllheim (DE). **WIESHEU, Norbert** [DE/DE];
Georg-Lacher-Strasse 16, 89312 Günzburg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: AUTOTHERMIC REFORMING REACTOR

(54) Bezeichnung: AUTOTHERMER REFORMIERUNGSREAKTOR



(57) Abstract: The invention relates to an autothermic reforming reactor, comprising an endothermic reaction zone, in which the reforming reaction takes place; - an exothermic reaction zone, in which the energy is released which is required for the reforming reaction; - a quench zone connected downstream of the reaction zones, for the rapid cooling of the reactor gas volume flow. According to the invention, the endothermic reaction zone and the quench zone are separated by a gas permeable heat shield (HS), whereby the heat shield (HS) comprises - thermal insulation (IS) for thermally insulating the endothermic reaction zone and quench zone, in addition to - a thermal radiator (STR) which faces the endothermic reaction zone and radiates the thermal energy which has been absorbed by the reactor gas volume flow.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen autothermen Reformierungsreaktor, umfassend eine endotherme Reaktionszone, in der die Reformierungsreaktion abläuft; - eine exotherme Reaktionszone, in der für die Reformierungsreaktion benötigte Energie freigesetzt wird; - eine den Reaktionszonen nachgeschaltete Quenchzone zur Abschreckungskühlung des Reaktorgasvolumenstroms. Erfindungsgemäss sind endotherme Reaktionszone und Quenchzone durch einen gasdurchlässigen Hitzeschild (HS) getrennt, wobei der Hitzeschild (HS) - eine Thermalisolation (IS) zur thermischen Isolation von endothermer Reaktionszone und Quenchzone, sowie - einen der endothermen Reaktionszone zugewandten Temperaturstrahler (STR) zur Abstrahlung der vom Reaktorgasvolumenstrom aufgenommenen thermischen Energie, umfaßt.

WO 01/24922 A1



(74) **Anwälte:** WEISS, Klaus usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, FTP - C 106, 70546 Stuttgart (DE).

(81) **Bestimmungsstaat** (*national*): US.

(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht:

- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Autothermer Reformierungsreaktor

Die Erfindung betrifft einen autothermen Reformierungsreaktor nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Beim Betrieb von Brennstoffzellen mit Polymermembranen, kurz PEM-Brennstoffzellen genannt, insbesondere für mobile Anwendungen, kann ein wasserstoffreiches Gas aus einem flüssigen Rohkraftstoff durch Reformierung von flüssigen Kohlenwasserstoffen, z.B. Benzin oder Diesel erzeugt werden.

Diese Reaktion kann vorteilhaft in einem autothermen Reaktor durchgeführt werden. Darin wird durch eine exotherme Verbrennung Energie freigesetzt, die zur Beheizung der endothermen Reformierungsreaktion eingesetzt wird. Im Idealfall ist die exotherme Reaktionszone der endothermen Reaktionszone überlagert. Es ist aber auch möglich, die exotherme Reaktion der endothermen Reaktion vorzuschalten. In der endothermen Reaktionszone erfolgt die Umsetzung des zudosierten Wasser/Luft/Kohlenwasserstoff-Gemischs in ein H_2 -reiches Gas, das neben CO_2 auch CO enthält. Um am Ende des Reaktors eine Rückreaktion des CO-Gases im Gasgemisch in elementaren Kohlenstoff (Ruß) zu verhindern, muß das Gasgemisch schnell auf ein niedriges Temperaturniveau herabge-

-2-

kühlt werden. Dies wird durch Wasserzugabe erreicht und wird als Quenchen bezeichnet. Für den Fall der partiellen Oxidation von Kohlenwasserstoffen ist dieser Vorgang zum Beispiel in der US 5,358,696 oder der US 2,664,402 beschrieben.

Durch den Quenchvorgang entsteht im Reaktor ein der Abkühlung entsprechendes Temperaturgefälle. Dies ist unerwünscht, da sich durch den damit einher gehenden Wärmeverlust im hinteren

Bereich der endothermen Zone eine zu niedrige Temperatur einstellt. Diese Temperatur ist bestimmend für die Gaszusammensetzung, da das thermodynamische Gleichgewicht der Reformierungsreaktion temperaturabhängig ist.

Aus der DE 197 11 044 A1 ist ein Reaktor zur Klärschlammverbrennung beschrieben. Er ist vertikal ausgerichtet, wobei die Verbrennungszone zur Verbrennung des Klärschlammes sich im unter Bereich befindet, und die innerhalb des Reaktors aufsteigenden Verbrennungsgase zur Trocknung des von oben in den Reaktor eintretenden Klärschlammes eingesetzt werden. Zwischen der Trocknungszone und der Verbrennungszone ist ein Festkörperstrahler angeordnet, der strahlenförmig angeordnete geneigte Schaufeln ähnlich einem Lüfterrad aufweist. Die Schaufeln sind um 30°C gegen die Strömungsrichtung der Verbrennungsgase geneigt. Beim Durchtritt durch den Festkörperstrahler geben die Verbrennungsgase einen Teil ihrer Wärme an den Festkörperstrahler ab. Ein Teil der aufgenommenen Energie wird als Festkörperstrahlung in die Verbrennungszone zurückgestrahlt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Temperaturverteilung im autothermen Reaktor derart zu optimieren, daß die Reaktionszonen von der Quenchzone thermisch möglichst gut abgekoppelt werden. Eine Abkühlung im hinteren Bereich der endothermen Zone sollte vermieden, eine möglichst gute

Energierückkopplung in die vorgeschaltete endotherme Zone jedoch erreicht werden. Dabei sollte der entstehende Druckverlust des Gasvolumenstroms im Reaktor möglichst gering sein.

Diese Aufgabe wird mit dem autothermen Reaktor nach Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Gemäß der Erfindung ist ein gasdurchlässiger Hitzeschild vorgesehen, der zwischen den Reaktionszonen des Reaktors und der Quenchzone im Reaktorgasvolumenstrom angeordnet ist. Der Hitzeschild umfaßt im wesentlichen zwei Komponenten:

- eine Thermalisolation zur thermischen Isolation von endothermer Reaktionszone und Quenchzone,
- einen Temperaturstrahler zur Abstrahlung der aus dem abströmenden Reaktorgasvolumenstrom aufgenommenen thermischen Energie. Seine Oberfläche ist der endothermen Reaktionszone zugewandt. Die Strahlungsleistung steigt gemäß dem Stefan-Boltzmann-Gesetz mit der 4. Potenz der Oberflächentemperatur. Je heißer die Gastemperatur, um so heißer die Oberfläche des Hitzeschilds und um so höher die in Richtung auf die endotherme Reaktionszone abgestrahlte Energie.

Für die Funktionsweise des erfindungsgemäßen temperaturstabilisierten Reaktors sind somit im wesentlichen folgende Wärmeübertragungsmechanismen von Bedeutung:

- Wärmeübertragung vom Gasvolumenstrom auf den Hitzeschild; hier ist vor allem die konvektive Wärmeübertragung durch erzwungene Konvektion von Bedeutung. Die Erzeugung einer turbulenten Strömung ist hierbei vorteilhaft. Diese kann durch entsprechende geometrische Auslegung des Hitzeschilds erreicht werden. Darüberhinaus

-4-

kann die Hitzeschild-Geometrie derart ausgelegt werden, dass der Wärmefluß zu der Oberfläche des Temperaturstrahlers optimiert wird.

- Strahlungswärmeübertragung vom Hitzeschild zurück auf den in der Reaktionszone befindlichen Reformierungskatalysator. Typische Temperaturen bei der Durchführung der Reformierungsreaktion mit Benzin oder Diesel liegen im Bereich von ca. 900°C. Bei diesen Temperaturen ist die abgestrahlte Leistung bereits relativ hoch. Durch die Art der Oberfläche (idealerweise mit der Charakteristik eines schwarzen Strahlers) sowie der Oberflächengüte kann eine maximale Effizienz der Abstrahlung erreicht werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Hitzeschild wird somit eine sehr gute thermisch Isolation der Quenchzone gegenüber dem autothermen Bereich des Reaktors erreicht. Die endotherme Reaktionszone kann auf Betriebstemperatur gehalten werden, ohne von dem Temperaturabfall in der Quenchzone beeinflusst zu werden.

Gleichzeitig wird eine Energierückkopplung erreicht, in dem die von dem Hitzeschild aufgenommene Wärme des Gasvolumenstroms in die endotherme Zone zurückgestrahlt wird. Somit können die Wärmeverluste, die durch den abströmenden Gasmassenstrom verursacht werden, wesentlich vermindert werden.

Dem erfindungsgemäßen Hitzeschild besitzt darüberhinaus eine vorteilhafte Wirkung als Energiespeicher bei Lastwechseln, wie im folgenden erläutert wird:

Bei einem Reaktor kann man im wesentlichen zwischen zwei Arten von Wärmeverlusten unterscheiden:

- Wandverluste: Wärmeverluste durch die Reaktor isolation hindurch und über die Reaktoroberfläche an die Umgebung;

- Gasvolumenstromverluste: Wärmeverluste, die durch den abströmenden Gasmassenstrom und die Gastemperatur verursacht werden. Die Gasvolumenstromverluste sind abhängig vom Gasmassenstrom, der Wärmekapazität des strömenden Gasgemischs und des Temperaturgefälles.

Bei Lastwechseln wird die exotherme Energieabgabe proportional der Laständerung verändert. Da die Wandverluste wesentlich von der Innentemperatur abhängen, die Gasvolumenstromverluste sich aber proportional zu der Last ändern, verschieben sich beim Lastwechsel die Anteile der Verlustarten entsprechend. Je geringer die Last, um so höher der Anteil der Wandverluste und je höher die Last, um so höher der Anteil der Volumenstromverluste.

Der erfindungsgemäße Hitzeschild kann unter den geschilderten Bedingungen als Wärmepuffer dienen, um die Betriebstemperatur des Reaktors zu stabilisieren. Im Lastwechsel nach unten gibt er, abhängig von seiner Wärmekapazität, seine zuvor aufgenommene Energie zeitverzögert ab und verzögert so die Abkühlung. Beim Lastwechsel nach oben wird der proportional steigende Volumenstromverlust durch die Wärmeaufnahme des Hitzeschilds gemindert.

Darüber hinaus wird durch diesen Dämpfungsvorgang eine konstantere Steuerung des Quenchens erreicht. Auch eine gleichmäßigere Versorgung der einem Reaktor nachgeschalteten Shiftreaktion zur CO-Entfernung wird dadurch ermöglicht.

Der erfindungsgemäße Reformierungskatalysator kann insbesondere für die Reformierung von Kohlenwasserstoffen, z.B. Benzin oder Diesel, eingesetzt werden.

Der erfindungsgemäße Reformierungsreaktor kann insbesondere in einem brennstoffzellenbetriebenen Kraftfahrzeug zur Speisung der Brennstoffzelle mit Wasserstoff dienen.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1: einen erfindungsgemäßen Reaktor in schematischer Darstellung;
- Fig. 2: die Strahlungsleistung (Watt) eines erfindungsgemäßen Hitzeschilds in Abhängigkeit von der Temperatur ($^{\circ}\text{C}$);
- Fig. 3: eine Ausführung des erfindungsgemäßen Hitzeschilds in schematischer Darstellung;
- Fig. 4: eine konkrete Ausführung des erfindungsgemäßen Hitzeschilds;
- Fig. 5, 6: weitere konkrete Ausführungen des erfindungsgemäßen Hitzeschilds.

Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäßen autothermen Reformierungsreaktor in schematischer Darstellung. Er umfaßt die autotherme Reaktionszone, in der die exotherme Reaktion zur Energiefreisetzung sowie die endotherme Reformierungsreaktion ablaufen. Die zudosierten Kohlenwasserstoffe sowie Luft und H_2O werden darin in ein H_2 -reiches, CO -haltiges Gasgemisch umgesetzt. Der autothermen Reaktionszone nachgeschaltet ist die Quenchzone, in der das Gasgemisch nach Durchströmen des gasdurchlässigen Hitzeschilds durch Zugabe einer Flüssigkeit, üblicherweise Wasser, schnell auf ein niedrigeres Temperaturniveau herabgekühlt wird. Das erfindungsgemäße Hitzeschild ist in dieser Ausführung quer zur Strömungsrichtung des Gasvolumenstroms positioniert. Es ist vorteilhaft so strukturiert, dass es eine möglichst hohe Oberfläche aufweist. Der erfindungsgemäße Hitzeschild erstreckt sich über den gesamten Querschnitt des Reaktors, so daß der Reaktor baulich in zwei Räume getrennt wird.

In Fig. 1 ist zusätzlich eine Temperaturverteilung innerhalb des Reaktors entlang der Strömungsrichtung aufgezeichnet. Die gestrichelten Linien bezeichnen dabei die Werte in

einem erfindungsgemäßen Reaktor, die durchgezogenen Linie die Werte in einem konventionellen Reaktor. Man erkennt, daß bei dem erfindungsgemäßen Reaktor im Bereich des Hitzeschilds ein starkes Temperaturgefälle herrscht, so daß die Quenchzone von den Reaktionszonen thermisch gut abgekoppelt ist. Demgegenüber weist der konventionelle Reaktor ein stetiges Temperaturgefälle über die gesamte Länge des Reaktors auf. Dadurch ergeben sich Wärmeverluste im (in Strömungsrichtung gesehen) hinteren Bereich der Reaktionszone mit den in der Beschreibungseinleitung erläuterten Nachteilen.

Fig. 2 zeigt die Strahlungsleistung eines erfindungsgemäßen Hitzeschilds für einen bestimmten, beispielhaften Durchmesser. Wie man aus der Zeichnung erkennen kann, steigt die Strahlungsleistung gemäß Stefan-Boltzmann-Gesetz proportional zur 4. Potenz der Temperatur.

Fig. 3 zeigt eine Ausführung des erfindungsgemäßen Hitzeschilds in schematischer Darstellung. Der Hitzeschild HS ist in dem Reaktorgasvolumenstrom zwischen der autothermen Reaktionszone und der Quenchzone angeordnet. Der Hitzeschild HS umfaßt in dieser Ausführung folgende Elemente, die schichtartig nebeneinander angeordnet sind:

- Temperaturstrahler STR aus einem Schaum aus Metall oder Keramik. Er ist der autothermen Reaktionszone zugewandt und strahlt die über Konvektion vom Reaktorgasvolumenstrom auf den Hitzeschild übergegangene Wärme als Temperaturstrahlung in die Reaktionszone zurück.
- Thermalisolation IS aus einer thermisch isolierenden Keramikgussmasse oder einem vorgeformten Keramikteil. Sie kann einen schaumartigen Aufbau aufweisen.
- Verdampferstruktur VD aus einem Metallschaum mit möglichst hoher Oberfläche. Sie dient dazu, das Quenchen des Reaktorgasvolumenstroms zu unterstützen, in dem die

zur Kühlung zugegebene, z.B. eingespritzte oder eingedüστε Wasser an ihrer Oberfläche möglichst schnell verdampft wird.

Fig. 4 zeigt eine konkrete Ausführung des erfindungsgemäßen Hitzeschilds HS. Er umfaßt den Temperaturstrahler STR, dessen gegen die Reaktionszone gerichtete Oberfläche als Strahlungsfläche SF dient, über die die vom Gasvolumenstrom auf den Hitzeschild HS übergegangene Wärme als Strahlungsenergie in die Reaktionszone zurückgestrahlt wird. Außerdem ist eine Thermalisolation IS vorhanden.

Die konstruktive Auslegung des Hitzeschilds HS ist so ausgelegt, dass eine möglichst hohe Strahlung in Gegenstromrichtung erzielt wird, und gleichzeitig eine möglichst gute thermische Isolation gegenüber der in Strömungsrichtung nachgeschalteten Quenchzone. Für eine gute Wärmeübertragung aus dem Gasvolumenstrom auf den Hitzeschild HS ist die Erzeugung einer turbulenten Strömung vorteilhaft, z.B. durch eine geeignete Wahl des Strömungsquerschnitts. In der dargestellten Ausführung sind die Strömungskanäle GK für den Reaktorgasvolumenstrom entweder konisch oder zylinderförmig ausgebildet. Die Wände der Strömungskanäle GK werden durch den Temperaturstrahler STR gebildet. Dadurch wird der Wärmefluß zur strahlungsaktiven Oberfläche SF des Temperaturstrahlers STR hin optimiert. Die Thermalisolation IS besteht in dieser Ausführung somit aus einer Mehrzahl einzelner, nicht zusammenhängender Bereiche.

Fig. 5 und 6 zeigen weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Hitzeschilds HS. Dargestellt ist jeweils der Temperaturstrahler als äußerster Schicht des Hitzeschilds. Jede Ausführung ist sowohl in Draufsicht als auch im Querschnitt dargestellt. Die obere Abbildung, Fig. 5a, zeigt eine erste Ausführung des Temperaturstrahlers als Keramik- oder Metallschaum. Fig. 5b zeigt eine weitere Ausführung, bei der der Temperaturstrahler als Kreuzkanalstruktur z.B.

gemäß der DE 43 34 981 A1, ausgebildet ist. Fig. 5c und Fig. 5d schließlich zeigen Ausführungen aus Drahtgitterstrukturen bzw. Lochblechen.

In Fig. 6 sind Ausführungen des erfindungsgemäßen Hitzeschildes HS dargestellt, der verschiedene Spaltstrukturen als Strömungskanäle GK für den Gasvolumenstrom aufweist. Fig. 6a zeigt eine Spaltstruktur aus mehreren konzentrischen Ringspalten. Fig. 6b zeigt eine Spaltstruktur nach Art einer Bienenwabe. Dabei bilden die "Stege" zwischen den "Waben" die Spalte, während die "Waben" die Oberfläche SF des Temperaturstrahlers darstellen.

Besonders geeignete Materialien für den Hitzeschild HS sind solche, die die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Minimaler Druckverlust,
- Maximale Oberfläche, insbesondere senkrecht zur Strömungsrichtung,
- Temperaturbeständigkeit,
- Temperaturwechselbeständigkeit,
- Verzunderungsfestigkeit.

Letztgenannte Eigenschaft ist aus dem Grunde relevant, da es bei inhomogener Gemischbildung in der Reaktionszone zum Durchbruch von O_2 kommen kann.

Patentansprüche

1. Autothermer Reformierungsreaktor, umfassend
 - eine endotherme Reaktionszone, in der die Reformierungsreaktion abläuft;
 - eine exotherme Reaktionszone, in der für die Reformierungsreaktion benötigte Energie freigesetzt wird;
 - eine den Reaktionszonen nachgeschaltete Quenchzone zur Abschreckungskühlung des Reaktorgasvolumenstroms durch Zugabe einer Flüssigkeit;

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß endotherme Reaktionszone und Quenchzone durch einen gasdurchlässigen Hitzeschild (HS) getrennt sind, wobei der Hitzeschild (HS)

 - eine Thermalisolation (IS) zur thermischen Isolation von endothermer Reaktionszone und Quenchzone, sowie
 - einen der endothermen Reaktionszone zugewandten Temperaturstrahler (STR) zur Abstrahlung der aus dem Reaktorgasvolumenstrom aufgenommenen thermischen Energie in Gegenstromrichtung,

umfaßt.
2. Autothermer Reformierungsreaktor nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß der Hitzeschild (HS) auf seiner der Quenchzone zugewandten Seite eine Verdampferstruktur (VD), z.B. aus einem Metallschaum umfaßt.

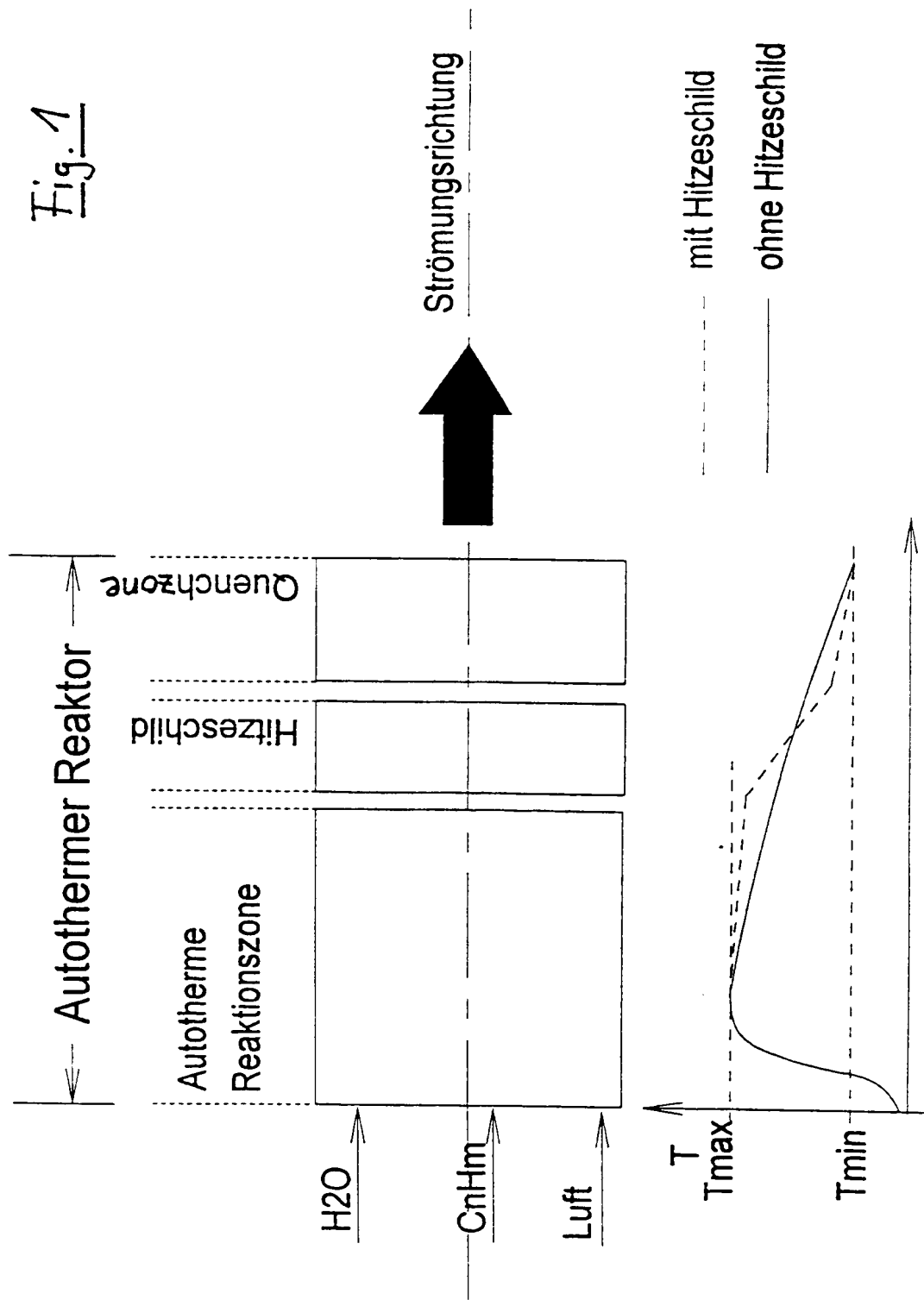
3. Autothermer Reformierungsreaktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die exotherme Reaktionszone der endothermen Reaktionszone vorgeschaltet ist.
4. Autothermer Reformierungsreaktor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die exotherme Reaktionszone der endothermen Reaktionszone überlagert ist.
5. Autothermer Reformierungsreaktor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Hitzeschild (HS) Strömungskanäle (GK) aufweist, deren Wände durch den Temperaturstrahler (STR) gebildet sind.
6. Autothermer Reformierungsreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturstrahler (STR) und/oder die Thermalisation (IS) als Kreuzkanalstruktur, Drahtgitterstruktur oder Lochblech ausgebildet sind.
7. Autothermer Reformierungsreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturstrahler (STR) als schaumartige Struktur aus Metall oder Keramik oder aus einem Metall/Keramik-Verbund ausgebildet ist.
8. Autothermer Reformierungsreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Thermalisation (IS) als schaumartige Struktur aus Keramik ausgebildet ist.

-12-

9. Autothermer Reformierungsreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Temperaturstrahler (STR) und/oder die Thermalisation (IS) Spaltstrukturen in Form von konzentrischen Ringspalten oder in Form von Wabenstrukturen aufweisen.

1/6

Fig. 1





2/6

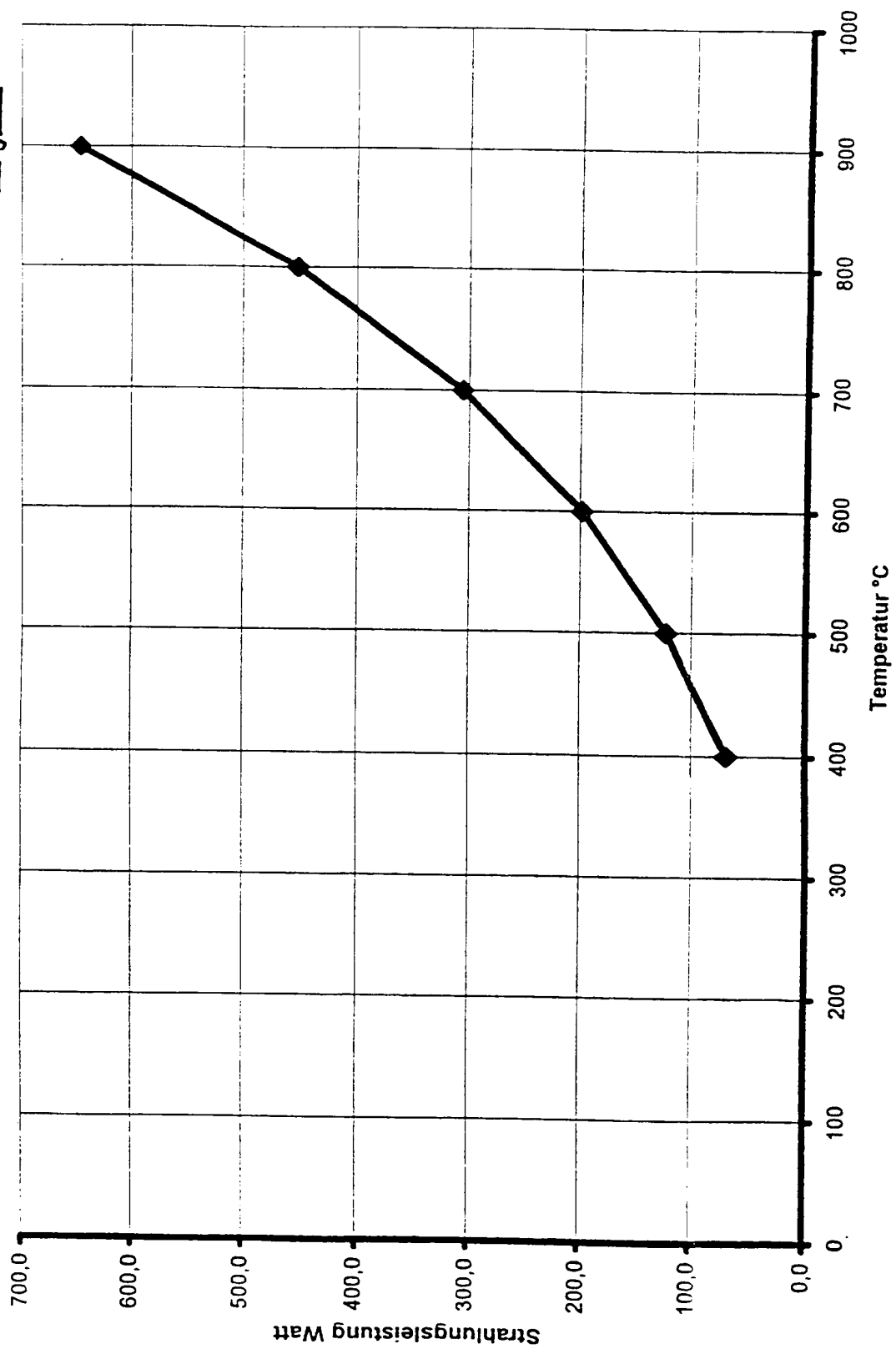
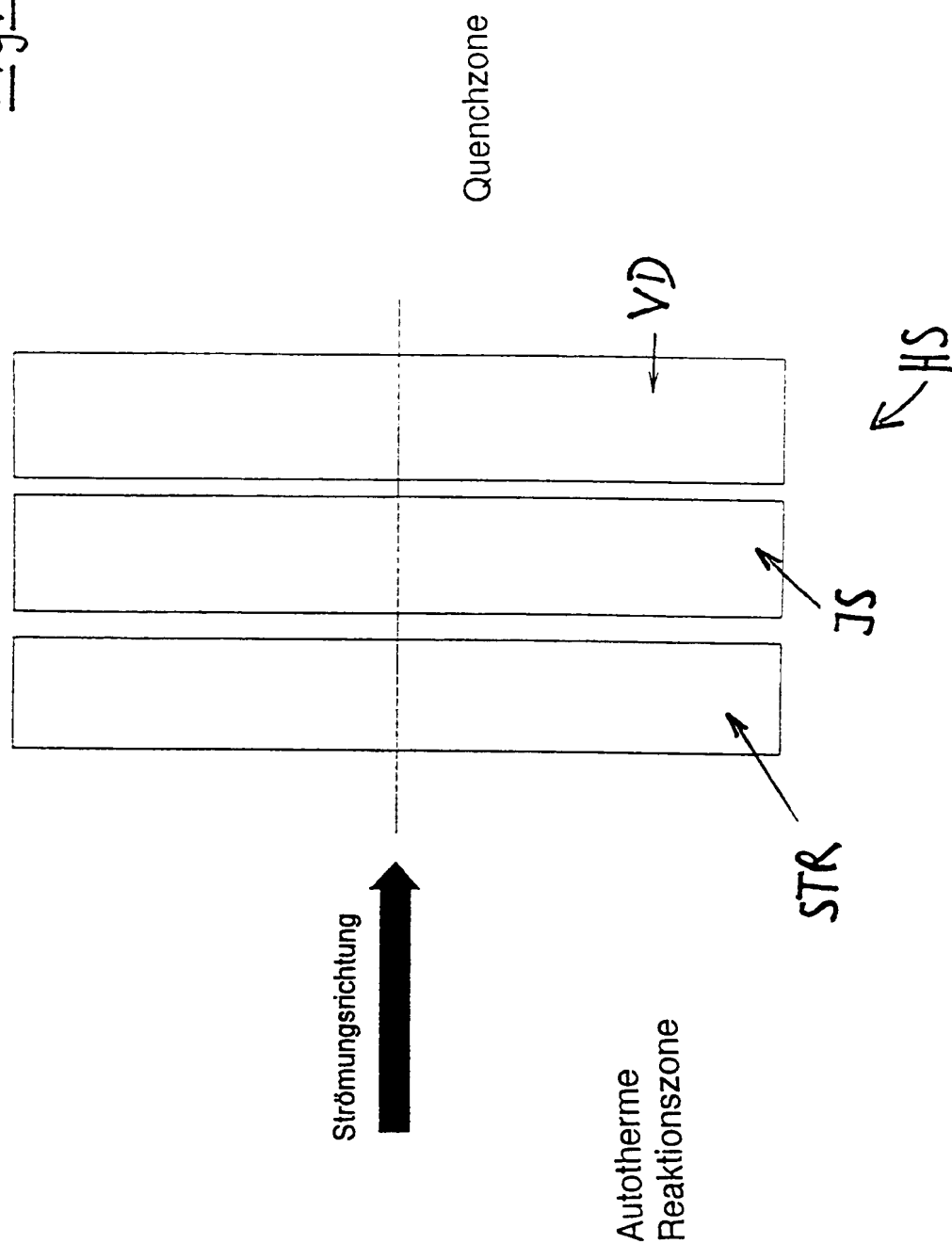
Fig.2



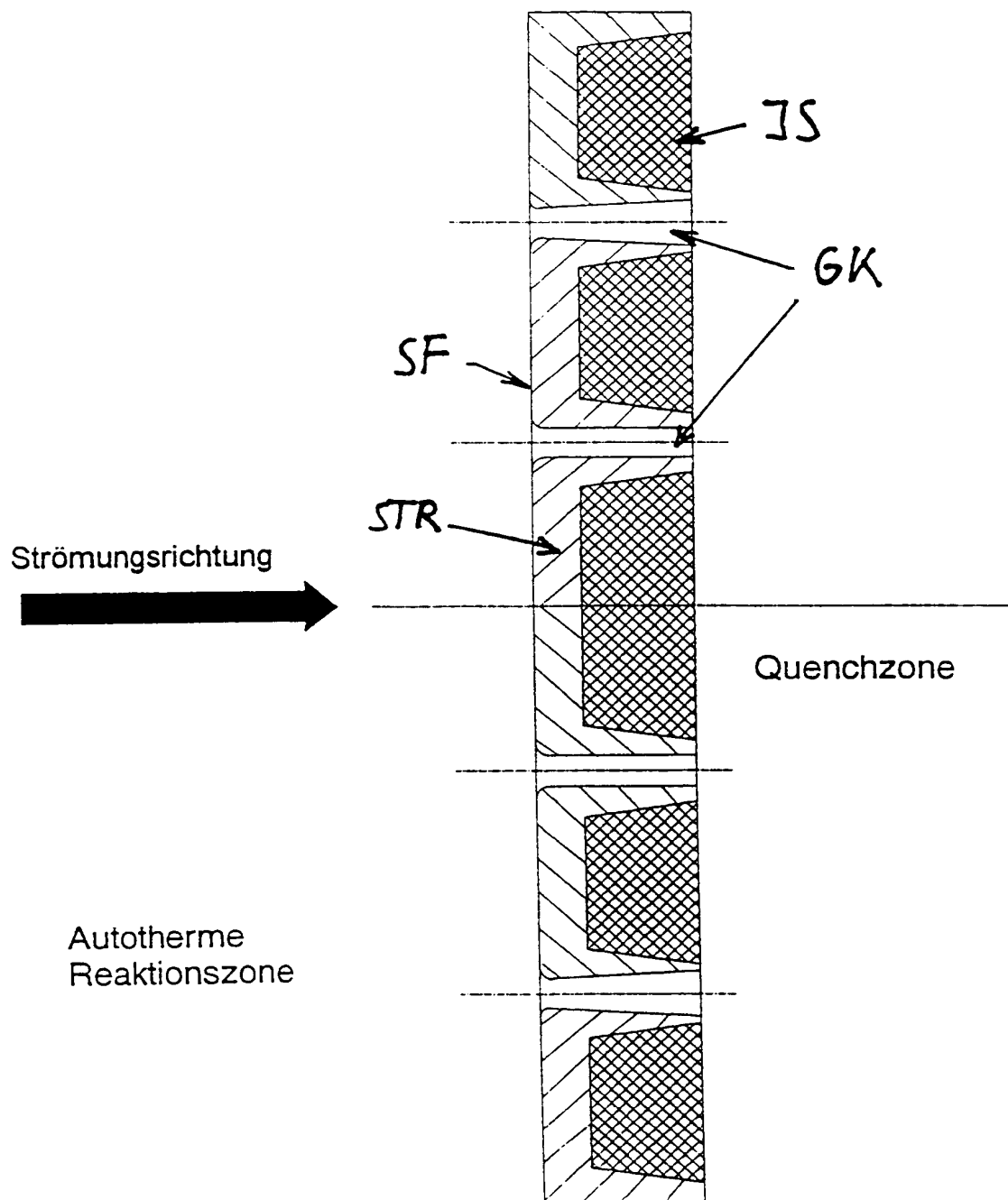
Fig. 3





^{4/6}
H S →

Fig. 4





5/6

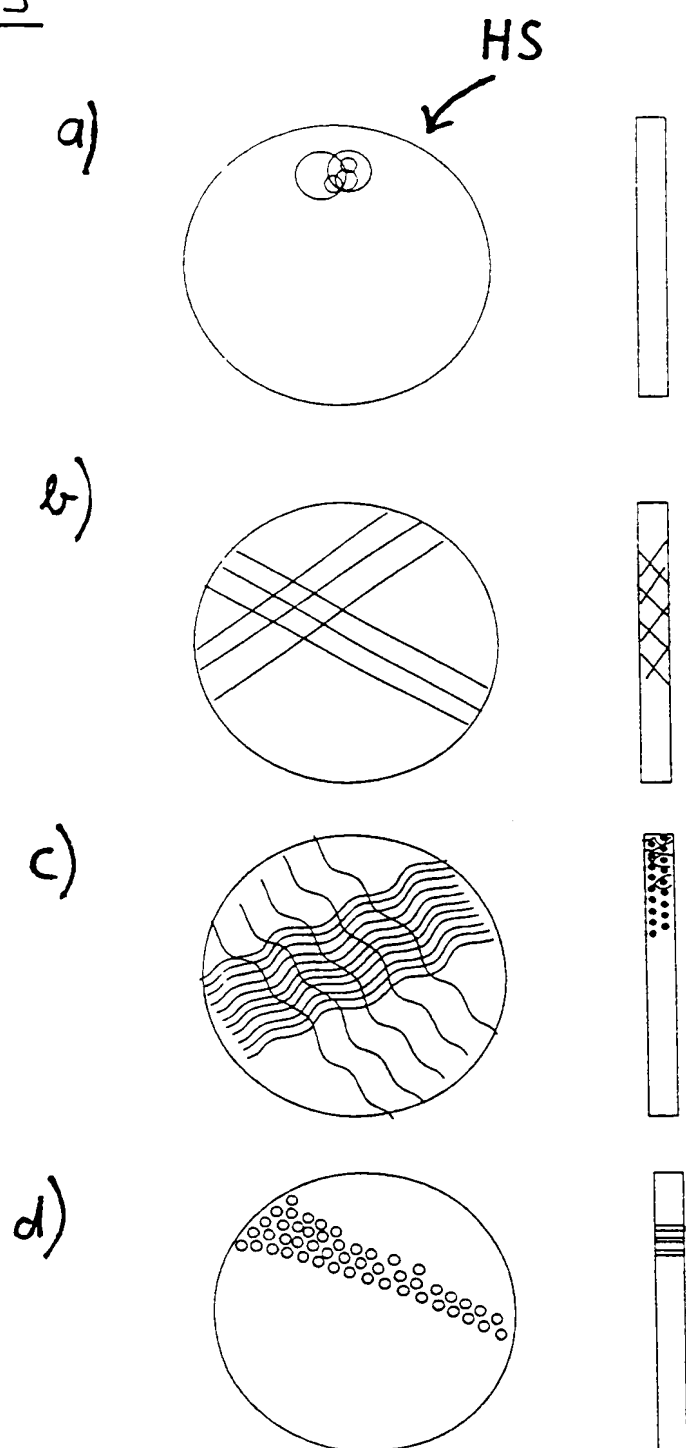
Fig. 5



Fig. 6